

(19) 世界知的所有権機関  
国際事務局



(43) 国際公開日  
2005 年 10 月 6 日 (06.10.2005)

PCT

(10) 国際公開番号  
WO 2005/093339 A1

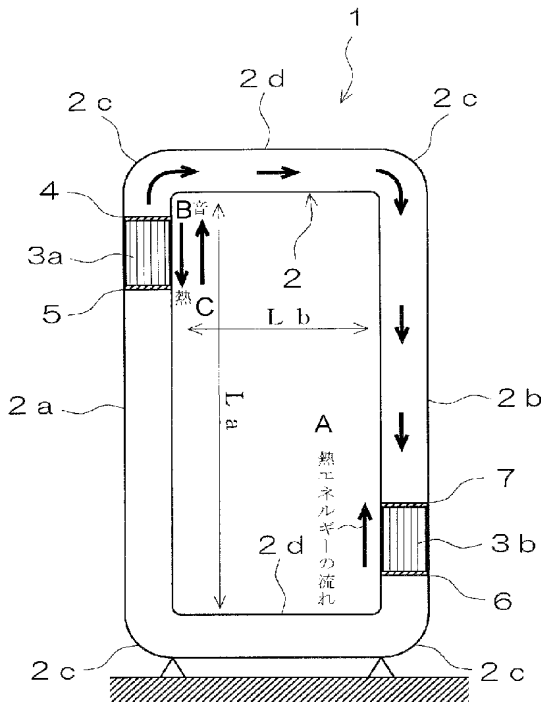
- (51) 国際特許分類: F25B 9/00, 9/14  
(21) 国際出願番号: PCT/JP2005/005219  
(22) 国際出願日: 2005 年 3 月 23 日 (23.03.2005)  
(25) 国際出願の言語: 日本語  
(26) 国際公開の言語: 日本語  
(30) 優先権データ:  
特願2004-091683 2004 年 3 月 26 日 (26.03.2004) JP  
(71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 学校法人同志社 (THE DOSHISHA) [JP/JP]; 〒6028580 京都府京都市上京区今出川通烏丸東入玄武町6 0 1 番地 Kyoto (JP).  
(72) 発明者; および  
(75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 渡辺 好章

- (74) 代理人: 久留 徹 (KURU, Toru); 〒6170837 京都府長岡京市久貝3 丁目 1 の 1 4 A-2 0 1-5 Kyoto (JP).  
(81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NA, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.

[続葉有]

(54) Title: ACOUSTIC HEATER AND ACOUSTIC HEATING SYSTEM

(54) 発明の名称: 音響暖房装置、及び、音響暖房システム



A FLOW OF HEAT ENERGY  
B SOUND  
C HEAT

(57) Abstract: An acoustic heater capable of heating an object while utilizing thermoacoustic effects and an acoustic heating system. The acoustic heater comprises, at a first tube part (2a), a first stack (3a) held by a high temperature side heat exchanger (4) and a low temperature input side heat exchanger (5) and, at a second tube part (2b), a second stack (3b) held by a low temperature side heat exchanger (6) and a high temperature output side heat exchanger (7). A standing wave and a traveling wave are generated by self-excitation in the first tube part (2a) by cooling the low temperature input side heat exchanger (5) to a negative temperature of 20 to 60°C. By propagating the standing wave and the traveling wave to the second tube part (2b), a temperature gradient is produced in the second stack (3b), and high calorie heat is outputted, by the temperature gradient, from the high temperature output side heat exchanger (7) installed in the second stack (3b).

(57) 要約: 熱音響効果を利用しつつ、対象物を暖めることができるようにするべく、音響暖房装置は、第一の管部 2 a に高温側熱交換器 4 と低温入力側熱交換器 5 とに挟まれた第一のスタック 3 a を備えるとともに、第二の管部 2 b に低温側熱交換器 6 と高温出力側熱交換器 7 とに挟まれた第二のスタック 3 b を備え、低温入力側熱交換器 5 をマイナス 20 °C ~ 60 °C 冷却させることによって第一の管部 2 a 内に自励による定在波及び進行波を発生させる。そして、第二の管部 2 b にこの定在波及び進行波を伝搬させることによって第二のスタック 3 b に温度勾配を生じさせ、この温度勾配により第二のスタック 3 b 側に設けられた高温出力側熱交換器 7 から高い熱を出力させる。

WO 2005/093339 A1



(84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, MC, NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

2文字コード及び他の略語については、定期発行される各*PCT*ガゼットの巻頭に掲載されている「コードと略語のガイダンスノート」を参照。

添付公開書類:

— 国際調査報告書

## 明 細 書

### 音響暖房装置、及び、音響暖房システム

#### 技術分野

[0001] 本発明は、熱音響効果を利用した熱交換装置及びそのシステムに関するものである。

#### 背景技術

[0002] 音響効果を利用した熱交換装置の従来技術に関しては下記の特許文献1や非特許文献1などに記載されるものが存在する。

[0003] まず、特許文献1に記載される装置は、熱音響効果を利用した冷却装置に関するものであり、気体を封入したループ管の内部に、高温側熱交換器及び低温側熱交換器に挟まれたスタックと、高温側熱交換器及び低温側熱交換器に挟まれたスタックなどで形成された蓄冷器とを設ける。そして、スタック側の高温側熱交換器を加熱することによってスタック内に温度勾配を発生させ、このスタック内で熱エネルギーを高温側熱交換器から低温側熱交換器側へ移送する。そして、エネルギー保存の法則により、この熱エネルギーの移送方向と反対側に音エネルギーを移送させるように自励の音波を発生させ、この音波による音エネルギーを蓄冷器側に伝搬させる。そして、蓄冷器側でその音エネルギーの伝搬方向と逆方向に熱エネルギーを移送させて低温側熱交換器を冷却させるようにしたものである。

[0004] また、非特許文献1にも同様に熱音響効果を利用した冷却装置が開示され、その冷却装置を用いた実験的検討が開示されている。この実験に用いられる冷却装置も、同様に、金属製のループ管の管内に、ヒーター（高温側熱交換器）と低温側熱交換器とに挟まれた第一のスタックと、このループ管の対向する位置に設けられ、低温側熱交換器を有する第二のスタックとを設けて構成される。そして、第一のスタック側に設けられたヒーター（高温側熱交換器）を加熱するとともに、低温側熱交換器に水道水を循環させることによって第一のスタック内に大きな温度勾配を発生させ、この温度勾配と逆方向に自励の音波を発生させる。そして、この音エネルギーをループ管を介して蓄冷器側に伝搬し、第二のスタック側でその音エネルギーを熱エネルギー

に変換して第二のスタックの他端側に設けられた温度計近傍を冷却するようにしたものである。この文献によれば、所定の条件のもと、温度計が設けられる部分で約16℃の温度低下が確認されている。

- [0005] そして、このような熱音響を利用した冷却装置は、一般に、室内空間の冷房装置や、もしくは、家電製品、ノートパソコン、通信機器、ゲーム機、自動車、事務機器などのような発熱を伴う機器を冷却する装置として使用されることが望まれている。

特許文献1:特開2000-88378号公報

非特許文献1:坂本眞一、村上和宏、渡辺好章 著「熱音響効果を用いた音響冷却現象の実験的検討」社団法人 電子情報通信学会 信学技報 TECHNICAL REPORT OF IEICE. US2002-118(2003-02)

## 発明の開示

### 発明が解決しようとする課題

- [0006] しかしながら、このような冷却装置は、室内空間や目的の対象物を冷却するものであり、非常に冷たい環境下、例えば、外気温度が摂氏-20℃～-60℃となるような寒冷地などにおいては、室内空間などを冷却するよりも、むしろ室内空間を暖めることの方が望まれている。しかるに、従来から提案されている音響効果を利用した熱交換装置は、いずれも室内空間や目的となる対象物を冷却するものであるため、寒冷地などにおける用途には不向きなものであった。

- [0007] そこで、本発明は上記課題を解決するべく、熱音響効果を利用しつつ、対象物を暖めることができるような装置及びそのシステムを提供することを目的とする。

### 課題を解決するための手段

- [0008] 本発明は上記課題を解決するために、第一の管部に高温側熱交換器と低温入力側熱交換器とに挟まれた第一のスタックと、第二の管部に低温側熱交換器と高温出力側熱交換器とに挟まれた第二のスタックとを具備してなり、ループ管に生じた定在波及び進行波を第一のスタックから第二のスタックに伝搬させることによって第二のスタックで温度勾配を発生させ、第二のスタック側に設けられた高温出力側熱交換器から熱を出力するように構成する。

- [0009] このように構成すれば、外部の冷たい熱(以下、「冷熱」と称する)を利用して室内空

間や目的となる対象物を暖めることができ、寒冷地などにおいて有用な熱交換装置を得ることができる。また、このような装置を過剰冷却に対するサーモスタットとして利用することもできるようになる。また、このような装置においては、熱音響効果を用いるようにしているため、フロンなどのように環境対策上問題となるような媒体や、コンプレッサなどの動力源を用いることなく比較的簡単な構成で暖房を行うことができるようになる。

[0010] また、このループ管として、地面に対して起立して設けられた第一の管部及び第二の管部と、この第一の管部及び第二の管部を連結する連結管部とを有するものを用いる。

[0011] このように構成すれば、低温入力側熱交換器に入力された冷熱を起立した管部の下方に逃がすことができ、スタック内に大きな温度勾配を生じさせて迅速な自励の音波を発生させることができ、これにより、熱交換の効率性を向上させることができるようになる。

[0012] さらに、この第一の管部に設けられる第一のスタックの位置を、前記第二の管部に設けられる第二のスタックの位置よりも高所に設けるようにする。

[0013] このように構成すれば、低温入力側熱交換器の下方に大きな管内空間を確保することができ、低温入力側熱交換器からの冷気を下方に逃がして大きな温度勾配を生じさせることができる。これにより、より迅速な自励の音波を発生させることができ、これにより、熱交換の効率性を向上させることができるようになる。

[0014] 加えて、この第一の管部の上から順に、高温側熱交換器、第一のスタック、低温入力側熱交換器を設けるようにする。

[0015] このように構成すれば、低温入力側熱交換器からの冷気が第一のスタック内に流れ込んでしまうようなことがなくなり、大きな温度勾配を発生させることによる自励の音波の発生を促進でき、これにより、熱交換の効率性を向上させることができるようになる。

[0016] また、第一の管部の一端と連結管部の一端とを連結したときのそれぞれの中心軸の好転を回路の始点とし、回路全長を1.00とすると、第一のスタックの中心が回路全長の $0.28 \pm 0.05$ の位置となるように設定する。

- [0017] このように構成すれば、第一のスタックにおける高温側熱交換器と低温入力側熱交換器のそれぞれの温度が適切であると、より迅速に自励による音波の発生を生じることができるようになる。
- [0018] また、回路全長を1.00とすると、回路に沿った封作動流体の圧力変動が、第一のスタックの近傍に第一のピークがあり、更に回路全長の約1/2進んだ位置に第二のピークが存在する場合に、前記第二のスタックの中心が前記第二のピークを過ぎた位置となるように第二のスタックを設ける。
- [0019] このように構成すれば、第二のスタックでの冷却効率や加熱効率を高めることができるようになる。
- [0020] また、このようにループ管を構成する場合、第一の管部及び第二の管部を前記連結管部よりも長く設定する。
- [0021] このように構成すれば、管の上下方向の寸法が大きくなるため、冷氣や暖気を逃がすための空間を大きく確保することができる。これにより、大きな温度勾配を生成することによる自励の音波の発生を促進させることができるようになる。また、第一の管部を長くすることによって波面の乱れを少なくすることができ、効率良く定在波及び進行波を発生させることができるようになる。
- [0022] また、第一の管部及び第二の管部と連結管部との境界の角部の形状として、定在波及び進行波を連結管部との間で全反射させる形状にする。
- [0023] このように構成すれば、ループ管内を伝搬する定在波及び進行波が逆戻りする方向に反射されるというようなことがなくなり、エネルギー損失を防止して効率良く音エネルギーを伝搬させることができるようになる。
- [0024] また、このループ管の外周部もしくは内部に、定在波及び進行波を発生させるための音波発生装置を設けるようにする。
- [0025] このように構成すれば、自励による音波だけでなく音波発生装置からの強制振動によって、より迅速に定在波及び進行波を発生させることができるようになる。
- [0026] また、このような第一のスタック、又は／及び、第二のスタックとして、蛇行した導通路を有するようなものを用いる。
- [0027] このように構成すれば、作動流体とスタックとの表面積を大きく確保することができる

ため、作動流体との熱交換を助長させてより高い熱の出力を行うことができるようになる。また、作動流体とスタックとの表面積が大きくなることから、スタックの長さを短くすることができ、これにより装置全体をコンパクトなものにすることができる。

[0028] また、第一のスタック、又は／及び、第二のスタックの材質として、セラミクス、焼結金属、金網、金属製不織布の少なくとも1種からなるものであり、その $\omega \tau$  ( $\omega$ :作動流体の角周波数、 $\tau$ :温度緩和時間)が0.2〜20の範囲となるように構成する。

[0029] このように構成すれば、より迅速かつ効率良く自励による音波を発生させることができるようになる。

[0030] また、このような音響暖房装置を複数設け、一の音響暖房装置における高温出力側熱交換器と、隣接する音響暖房装置の高温熱交換器とを連結する。

[0031] このように構成すれば、順次隣接する音響暖房装置ごとに第一のスタック内の温度勾配が大きくなり、末端側の音響暖房装置でより高い熱を出力することができるようになる。

### 発明の効果

[0032] 本発明では、第一の管部に高温側熱交換器と低温入力側熱交換器とに挟まれた第一のスタックと、第二の管部に低温側熱交換器と高温出力側熱交換器とに挟まれた第二のスタックとを具備してなり、ループ管に生じた定在波及び進行波を第一のスタックから第二のスタックに伝搬させることによって第二のスタックに温度勾配を発生させ、第二のスタック側に設けられた高温出力側熱交換器から熱を出力するようにしたので、寒冷地などにおける冷熱を利用して室内空間や目的となる対象物を暖めることができる。これにより、寒冷地などにおいて有用な熱交換装置を得ることができる。また、熱音響効果を用いるようにしているため、フロンなどのように環境対策上問題となるような媒体やコンプレッサなどの動力源を用いることなく比較的簡単な構成で暖房を行うことができるようになる。

### 発明を実施するための最良の形態

[0033] 以下、本発明に係る音響暖房装置1の一実施の形態について図面を参照して説明する。

[0034] この実施の形態における音響暖房装置1は、全体として略長方形に構成された

ループ管2の内部に、高温側熱交換器4及び低温入力側熱交換器5に挟まれた第一のスタック3aと、低温側熱交換器6及び高温出力側熱交換器7に挟まれた第二のスタック3bとを具備してなるもので、第一のスタック3a側の低温入力側熱交換器5を冷却させることによって自励による定在波及び進行波を発生させ、この定在波及び進行波を第二のスタック3b側へ伝搬させることによって第二のスタック3b側に設けられた高温出力側熱交換器7から高い熱を出力できるようにしたものである。

[0035] このループ管2は、地面から起立した状態（好ましくは、鉛直状）に設けられる第一の管部2a及び第二の管部2bと、この第一の管部2a及び第二の管部2bの両端の角部2cを介してこれらを連結する連結管部2dとを具備してなる。これらの第一の管部2a、第二の管部2b、角部2c、連結管部2dは、金属製のパイプで構成されるが、これに限らず、透明なガラス、もしくは樹脂などによって構成することもできる。透明なガラスや樹脂などの材料で構成した場合は、実験等における第一のスタック3aや第二のスタック3bの位置確認や管内の状況を容易に観察することができる。第一の管部2a及び第二の管部2bの長さLaは、連結管部2dの長さLbよりも長く設定される。このように第一の管部2a及び第二の管部2bを長くすることによって暖気と冷気の逃げ場所を確保し、第一のスタック3a及び第二のスタック3b内の温度勾配を大きくすることができる。これにより第一のスタックから自励の音波を迅速に発生させることができるようになる。また、この第一の管部2a及び第二の管部2bの両端に設けられる角部2cの形状は、管内を伝搬してきた音波を完全に連結管部2dなどへ反射しうるような形状として、例えば、円弧形状などに構成される。図2にこの角部2cの具体的構成を示す。図2は、第一の管部2aの上端部分の角部2cの拡大図を示したものである。なお、この角部2cは、他の角部2cにおいても同様の構成が用いられるため説明を省略する。図2において、角部2cは、第一の管部2aの内径とほぼ等しい内径を有し、かつ、ループ管2の内側コーナー部分を中心として管の内径とほぼ等しい直径を有するように構成されている。これにより第一の管部2aから伝搬した音エネルギーは、角部2cにおいて全て反射され、第一の管部2aに戻ることなく連結管部2d側へ移送されることになる。また、このように角部2cの内径を第一の管部2aとほぼ等しく構成することによって、第一の管部2aと角部2cの内壁を滑らかにすることができ、これにより音エネル



ギーの損失を防止して効率よくエネルギーを移送することができるようになる。なお、この角部2cの形状については、円弧形状のものに限らず、図3に示されるような直線状のものを用いることもできる。図3は、第一の管部2aと連結管部2dとの間に設けられる直線状の角部20cの拡大図を示したものである。図3において、角部20cは、外側コーナー部分を第一の管部2aと連結管部2dとの連結角度である90度の中間角度である45度の直線状に設定される。そして、この直線状のコーナー部分により第一の管部2aを伝搬する音波を全て連結管部2d側へ反射させるようにしている。

[0036] このループ管2の内部には、ヘリウム、アルゴン、ヘリウム及びアルゴンの混合気体などの不活性ガスが封入され、粘性による損失を防止する場合には比較的プラントル数の小さなヘリウムを使用し、また、熱交換や熱伝導の効率を向上させる場合には比較的プラントル数の大きなアルゴンを使用する。なお、この作動流体については、このような不活性ガスに限らず、窒素や空気などのような気体を封入しても良い。これらの作動流体の圧力は、0.01MPa〜5.0MPaに設定され、粘性による影響を小さくする場合には比較的小さな圧力に設定する。

[0037] 一方、このループ管2に設けられる第一のスタック3a及び第二のスタック3bは、ループ管2の内壁に接するような円柱状に構成され、セラミクス、焼結金属、金網、金属製不織布などのように熱容量の大きい材質であって、ループ管の軸方向に貫通する多孔を有して構成される。一般的に、これらのスタック3a、3bは、細い直線状の導通路を多数設けたものが用いられるが、これ以外に、図4に示すように、例えば、微少の球状セラミクスなどを多数敷き詰めて蛇行する導通路30(太線で示される導通路)を設けたようなスタック3cを用いるようにしても良い。このように蛇行する導通路30を設けるようにすれば、作動流体とスタック3cとの接触面積を大きく確保することができ、熱交換が大きくなってより高温出力側熱交換器7から高い熱を出力することができるようになる。なお、このようなスタックを用いる場合、第一のスタック3a側については、自励による音波の発生を促進すべく、細い直線状の導通路を有するスタックを用い、また、第二のスタック3bについては、より高い熱の出力を可能とすべく、蛇行する導通路30を有するスタック3cを用いるようにしても良い。また、これ以外にもメッシュ状のステンレスを多数枚積層したものをを用いるようにしても良い。

- [0038] この第一のスタック3aの取り付け位置は、第一の管部2aの上方に設定され、高温側熱交換器4と低温入力側熱交換器5とに挟まれた状態でその位置に固定される。この低温側熱入力器は、薄肉の金属板の内側に作動流体を垂直に導通させるための導通路を形成してなるもので、第一のスタック3aの下方に接触して設けられる。そして、寒冷地における屋外などからの冷熱により、例えば、 $-20^{\circ}\text{C}$ 〜 $-60^{\circ}\text{C}$ 、若しくは、これより低い温度となるように冷やされる。一方、高温側熱交換器4は、同様に薄肉の金属板の内側に作動流体を垂直に導通させるための導通路を形成させてなるもので、第一のスタック3aの上方に接触して設けられ、その周囲に不凍性の液体を循環させて $+20^{\circ}\text{C}$ 〜 $+30^{\circ}\text{C}$ 、若しくは、これよりも高い温度となるように設定される。そして、このように高温側熱交換器4と低温入力側熱交換器5の温度差によって第一のスタック3a内に温度勾配を発生させ、これにより、自励による音波を発生させる。なお、この第一のスタック3aは、第一の管部2aの下方に設けるようにすることもできるが、このような位置に設けると、低温入力側熱交換器5からの冷気の逃げ場所がなくなってしまい、第一のスタック3a内に冷気が入り込んでしまう。このため、第一のスタック3a内に大きな温度勾配を発生させることができず、自励による音波は発生しなくなる可能性がある。このため、本実施の形態では、冷気の逃げ場所を確保して自励による音波を発生しやすくするために、第一の管部2aの上方、好ましくは、第一の管部2aの中央よりも上側に第一のスタック3aを設けるようにしている。
- [0039] ここで第一のスタック3aで自励による音波が発生するための条件としては、この第一のスタック3a内に作動流体が流れる際の平行通路の流路半径を $r$ 、作動流体の角周波数を $\omega$ 、温度拡散係数を $\alpha$ 、温度緩和時間を $\tau (=r^2/2\alpha)$ とした場合、 $\omega \tau$ が0.2〜20の範囲内である場合に最も効率良く自励による音波を発生させることができる。このため、これらの関係を満たすように $r$ 、 $\omega$ 、 $\tau$ を設定する。また、図2における第一の管部2aの一端と連結管部2dの一端とを連結したときのそれぞれの中心軸の交点を回路の始点とし、回路全長を1.00とした場合、第一のスタック3aの中心を始点から反時計回りに回路全長の $0.28 \pm 0.05$ となる位置に設定すれば、より迅速かつ効率良く自励による音波を発生することができる。
- [0040] 一方、第二のスタック3bの取り付け位置は、ループ管2に沿った作動流体の圧力変

動が、第一のスタック3aの近傍に第一のピークが存在して、更に回路全長の約1/2進んだ位置に第二のピークが存在する場合に、そのスタック3bの中心が第二のピークを過ぎた場所に位置するように設けられる。この第二のスタック3bの下側に設けられる低温側熱交換器6は、薄肉の金属板の内側に作動流体を垂直に導通させるための導通路を形成してなるもので、第一のスタック3aに設けられる高温出力側熱交換器7と同様に、周囲に不凍性の液体を循環させて+20℃〜+30℃、若しくは、これよりも高い温度に設定される。一方、高温出力側熱交換器7は、同様に薄肉の金属板の内側に作動流体を垂直に導通させるための導通路を形成してなるもので、暖房の目的となる対象物へ熱を出力する。この暖房の目的となる対象物としては、例えば、室内空間における空気や、起動時における自動車のエンジンなどが考えられるが、これらに限定されるものではない。

[0041] 次に、このように構成された音響暖房装置1の動作の状態について説明する。

[0042] まず、ループ管2に不活性ガスを封入した状態で第一のスタック3aにおける高温側熱交換器4及び第二のスタック3bの低温側熱交換器6に不凍性の液体を循環させるとともに第一のスタック3aの低温入力側熱交換器5を−20℃〜−60℃などに冷却する。すると、この低温入力側熱交換器5と高温側熱交換器4との間の温度差によって第一のスタック3a内に温度勾配が発生し、最初に作動流体が微少時揺らぎ始める。そして、次に、この作動流体が大きく振動し始めてループ管2内を周回する。そして、一定時間経過後、ループ管2内に定在波及び進行波が発生し、エネルギー保存の法則により、高温側熱交換器4から低温側熱交換器6側への熱エネルギーの移送方向と逆方向に音エネルギーが伝搬する。この音エネルギーは、ループ管2の角部2c、20cなどにおいて効率良く反射され、第二のスタック3b側へ伝搬される。第二のスタック3b側では、この音エネルギーが高温出力側熱交換器7側から低温側熱交換器6側へ伝搬される。そして、定在波及び進行波に基づく作動流体の圧力変化及び体積変化によって作動流体が収縮し、その際、放出される熱を高温出力側熱交換器7から出力する。これにより、熱音響の効果を利用した暖房が可能となる。

[0043] なお、この音響暖房装置1においては、第一のスタック3a側に設けられた高温側熱交換器4と低温入力側熱交換器5との温度勾配によって音波を自励で発生させるよう

にしているが、このような自励による音波発生だけであると定在波及び進行波の発生までに長い時間を要することとなる。一方、定在波及び進行波の発生時間を短縮するためにためには、ループ管2の径を変えて定在波及び進行波の周波数を低くすることも可能であるが、このようにすると今度は、十分な出力を得ることができない。このため、図5に示すように、自励までの時間を短縮するために、音波発生装置8を設けることもできる。

[0044] この音波発生装置8は、スピーカーや圧電素子、その他、外部から作動流体を強制振動させるような装置で構成されるもので、ループ管2の外周面に沿って設けられ、若しくは、ループ管2の内部に設けられる。この音波発生装置8は、発生する定在波及び進行波の $1/2$ 波長、 $1/4$ 波長の間隔を設けて取り付けるのが好ましく、また、定在波及び進行波の進行方向に対応してループ管2の軸方向に作動流体を強制振動させるように設けるのが好ましい。このように音波発生装置8を設けると、定在波及び進行波の発生時間を短縮することができ、迅速に高温出力側熱交換器7から熱を出力することができるようになる。

[0045] また、このような音響暖房装置1だけでは十分な放熱効果を得ることができない場合、図6に示すように、音響暖房装置1を複数連結させた音響暖房システム100を用いるようにすることもできる。図6において、1a、1b…1nは上述のように構成された音響暖房装置1を示し、これらの第一の音響暖房装置1a、第二の音響暖房装置1b…第nの音響暖房装置1nは隣接して直列に設けられる。これらの音響暖房装置1a…における低温入力側熱交換器5は、全て屋外などの冷たい環境下に置かれ、 $-20^{\circ}\text{C}$ 〜 $-60^{\circ}\text{C}$ などのような温度に設定される。一方、それぞれにおける音響暖房装置1a…の高温出力側熱交換器7は、これに隣接する音響暖房装置1b…の高温側熱交換器4と連結される。これにより、第一の音響暖房装置1aにおける第一のスタック3aの温度勾配よりも大きな温度勾配を隣接する音響暖房装置1bの第一のスタック3a内に発生させることができ、これにより、順次下流側に向けて音響暖房装置1nの温度勾配が大きくなって、末端の音響暖房装置1nからはより高い熱を出力させることができるようになる。なお、このように音響暖房装置1a…を連結する場合、各音響暖房装置1a…で音波を自励させようとする、末端の音響暖房装置1nで定在波及び進行波

が発生するまでに非常に長い時間を要することになる。このため、特にループ管2の外周面若しくは内部に音波発生装置8を設けて各音響暖房装置1a…での定在波及び進行波の発生までの時間を短縮化するように構成すると良い。

[0046] このように上記実施の形態によれば、第一の管部2aの内部に高温側熱交換器4と低温入力側熱交換器5とに挟まれた第一のスタック3aを設けるとともに、第二の管部2bの内部に低温側熱交換器6と高温出力側熱交換器7とに挟まれた第二のスタック3bを設けてなり、低温入力側熱交換器5を冷却させることによって第一の管部2a内に定在波及び進行波を発生させ、第一の管部2aから第二の管部2bに定在波及び進行波を伝搬させることによって第二のスタック3bで温度勾配を発生させ、高温出力側熱交換器7から高い熱を出力させるようにしたので、例えば、寒冷地などにおける冷熱を利用して室内空間や目的の対象物を暖めることができるようになる。また、熱音響効果を用いるようにしているため、フロンなどの環境に悪い媒体や、コンプレッサなどを用いることなく暖房を行うことができるようになる。また、このような装置1を過剰冷却に対するサーモスタットとして使用することもできる。

[0047] また、地面から起立する第一の管部2a及び第二の管部2bを有するループ管2を用いるようにしたので、低温入力側熱交換器5に入力される冷熱に基づく冷気を第一の管部2aの下方に逃がすことができ、第一のスタック2a内に大きな温度勾配を発生させて迅速な自励の音波を発生させることができるようになる。

[0048] そして、第一のスタック3aを第二のスタック3bよりも高所に設けるようにしたので、低温入力側熱交換器5の下方に冷気を逃がすための大きな空間を確保することができ、これにより大きな温度勾配を第一のスタック3aに発生させて迅速に自励の音波を発生させることができるようになる。

[0049] さらに、第一のスタック3aの下側に低温入力側熱交換器5を設けるとともに、第一のスタック3aの上側に高温側熱交換器4を設けるようにしたので、低温入力側熱交換器5からの冷気が第一のスタック3a内に流れ込むことがなくなり、第一のスタック3a内に大きな温度勾配を生成して自励による音波の発生を促進することができるようになる。

[0050] また、第一の管部2aの一端と連結管部2dの一端とを連結したときのそれぞれの中

心軸の好転を回路の始点とし、回路全長を1.00とするとき、第一のスタック3aの中心が回路全長の $0.28 \pm 0.05$ の位置となるように設定したので、第一のスタック3aにおける高温側熱交換器4と低温入力側熱交換器5のそれぞれの温度が適切であると、より迅速に自励による音波の発生を生じることができる。

[0051] また、回路全長を1.00とするとき、回路に沿った封作動流体の圧力変動が、第一のスタック3aの近傍に第一のピークがあり、更に回路全長の約 $1/2$ 進んだ位置に第二のピークが存在する場合に、前記第二のスタックの中心が前記第二のピークを過ぎた位置となるように第二のスタック3bを設けようとしたので、第二のスタック3bでの冷却効率や加熱効率を高めることができるようになる。

[0052] 加えて、第一の管部2a及び第二の管部2bを連結管部2dよりも長くなるように構成したので、冷氣や暖気を逃がすための空間を大きく確保することができ、これにより大きな温度勾配の発生に基づく自励の音波の発生を促進することができるようになる。また、第一の管部を長くすると音波の波面の乱れを少なくすることができ、効率良く定在波及び進行波を発生させることができるようになる。

[0053] また、第一の管部2aと連結管部2dとの境界の角部2c、20c、又は／及び、第二の管部2bと連結管部2dとの境界の角部2c、20cの形状を、円弧形状もしくは45度の直線形状としたので、ループ管2内を伝搬する定在波及び進行波をもと来た方向へ逆戻りさせるようなことがなくなり、効率良く連結管部2dなどへ音エネルギーを伝搬させることができるようになる。

[0054] また、ループ管2の外周部もしくは内部に、定在波及び進行波を発生させるための音波発生装置8を設けるようにしたので、自励による音波だけでなく音波発生装置8からの強制振動によって、より迅速にループ管2内に定在波及び進行波を発生させることができるようになる。

[0055] また、第一のスタック3a、又は／及び、第二のスタック3bとして、図4に示すような蛇行する導通路30を有するスタック3cを用いるようにしたので、作動流体とスタック3cとの表面積を大きく確保して、より大きな熱交換に基づく高い熱の出力が可能となる。また、作動流体とスタック3a、3bとの表面積が大きいことから、スタックの長さを短くすることができ、これにより装置全体をコンパクトなものにすることができるようになる。

- [0056] また、第一のスタック、又は／及び、第二のスタックの材質として、セラミクス、焼結金属、金網、金属製不織布の少なくとも1種からなるものであり、その $\omega \tau$  ( $\omega$ :作動流体の角周波数、 $\tau$ :温度緩和時間)が0.2〜20の範囲となるようにしたので、より迅速かつ効率良く自励による音波を発生させることができるようになる。
- [0057] そして、このような音響暖房装置1を複数設け、一の音響暖房装置1a…における高温出力側熱交換器7と、これに隣接する音響暖房装置1b…の高温側熱交換器4とを連結するようにしたので、順次隣接する音響暖房装置1a…ごとに第一のスタック2aの温度勾配を大きくすることができ、末端側の音響暖房装置1n側ではより大きな熱を出力することができるようになる。
- [0058] なお、本発明は上記実施の形態に限定されることなく、種々の形態で実施することができる。
- [0059] 例えば、上記実施の形態では、全体として略長方形のループ管2を例に挙げて説明したが、設置環境などにより、部分的に蛇行させるようにしたループ管2を用いるようにしても良い。この場合、ループ管の蛇行部分におけるエネルギー損失を防止するために、角部の形状を本実施の形態のように円弧形状などようにすることが望ましい。また、管内の内径については、エネルギー損失や設置環境などを考慮して適宜径の寸法を変えるようにしても良い。
- [0060] また、上記実施の形態では、寒冷地などにおける冷熱を利用する場合について述べたが、これに限らず、人工的に生成されたドライアイスや液体窒素などからの冷熱を利用するようにしても良く、また、宇宙空間における日陰部分での冷熱などを利用するようにしても良い。

#### 図面の簡単な説明

- [0061] [図1]第一の実施の形態における音響暖房装置の断面概略図  
[図2]同形態におけるループ管の角部を示す拡大図  
[図3]他の実施の形態におけるループ管の角部を示す拡大図  
[図4]第一の実施の形態におけるスタックの断面概略図  
[図5]他の実施の形態における音響暖房装置の断面概略図  
[図6]音響暖房装置を連結させた音響暖房システムの概略図

## 符号の説明

- [0062] 1・・・音響暖房装置  
2a・・・第一の管部  
2b・・・第二の管部  
2c・・・角部  
20c・・・他の実施形態の角部  
2d・・・連結管部  
3a・・・第一のスタック  
3b・・・第二のスタック  
30・・・導通路  
4・・・高温側熱交換器  
5・・・低温入力側熱交換器  
6・・・低温側熱交換器  
7・・・高温出力側熱交換器  
100・・・音響暖房システム

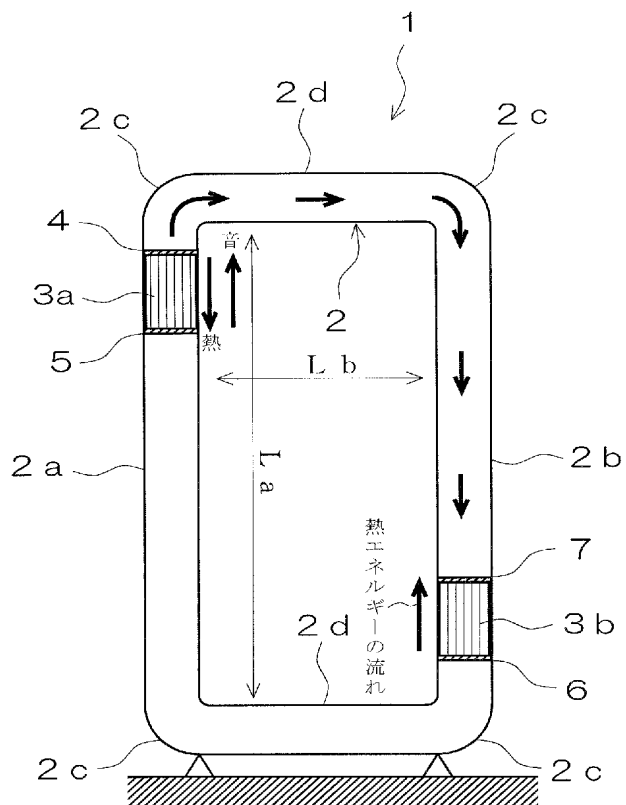


### 請求の範囲

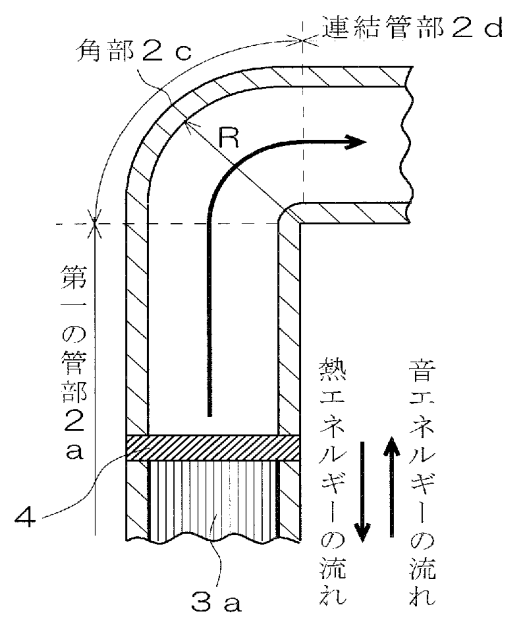
- [1] 第一の管部に高温側熱交換器と低温入力側熱交換器とに挟まれた第一のスタックと、第二の管部に低温側熱交換器と高温出力側熱交換器とに挟まれた第二のスタックとを具備してなり、
- ループ管に生じた定在波及び進行波を第一のスタックから第二のスタックに伝搬させることによって第二のスタックで温度勾配を発生させ、第二のスタック側に設けられた高温出力側熱交換器から熱を出力することを特徴とする音響暖房装置。
- [2] 前記ループ管は、地面に対して起立して設けられた第一の管部及び第二の管部と、この第一の管部及び第二の管部を連結する連結管部を具備してなるものである請求項1に記載の音響暖房装置。
- [3] 前記第一の管部に設けられる第一のスタックは、前記第二の管部に設けられる第二のスタックよりも高所に設けられるものである請求項2に記載の音響暖房装置。
- [4] 前記第一のスタック側に設けられる熱交換器を上から順に、高温側熱交換器、低温入力側熱交換器とした請求項2に記載の音響暖房装置。
- [5] 直線管部の一端と連結管部の一端とを連結したときのそれぞれの中心軸の交点を回路の始点とし、回路全長を1.00とすると、第一のスタックの中心が回路全長の $0.28 \pm 0.05$ の位置となるようにした請求項1に記載の音響暖房装置。
- [6] 回路全長を1.00とすると、回路に沿った作動流体の圧力変動が、第一のスタックの近傍に第一のピークがあり、更に回路全長の約 $1/2$ 進んだ位置に第二のピークが存在する場合に、前記第二のスタックの中心が前記第二のピークを過ぎた位置となるように第二のスタックを設けた請求項1に記載の音響暖房装置。
- [7] 前記第一の管部及び第二の管部を前記連結管部よりも長く設定した請求項2に記載の音響暖房装置。
- [8] 前記第一の管部及び第二の管部と連結管部との境界の角部の形状が、定在波及び進行波を連結管部との間で全反射させる形状である請求項2に記載の音響暖房装置。
- [9] 前記ループ管の外周部もしくは内部に、定在波及び進行波を発生させるための音波発生装置を設けた請求項2に記載の音響暖房装置。

- [10] 前記第一のスタック、又は／及び、第二のスタックが、蛇行した導通路を有するものである請求項1又は2に記載の音響暖房装置。
- [11] 前記第一のスタック、又は／及び、第二のスタックの材質が、セラミクス、焼結金属、金網、金属製不織布の少なくとも1種からなるものであり、その $\omega \tau$  ( $\omega$ :作動流体の角周波数、 $\tau$ :温度緩和時間)が0.2〜20の範囲となるように構成された請求項1に記載の音響暖房装置。
- [12] 請求項1から11のいずれかに記載の音響暖房装置を複数設け、一の音響暖房装置における高温出力側熱交換器と、隣接する音響暖房装置の高温側熱交換器とを連結してなる音響暖房システム。

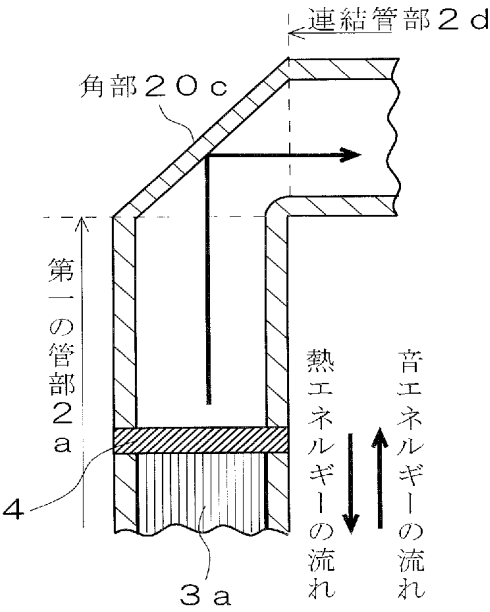
[図1]



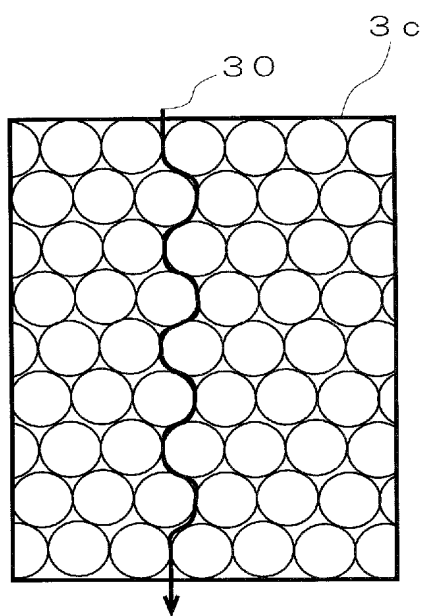
[図2]



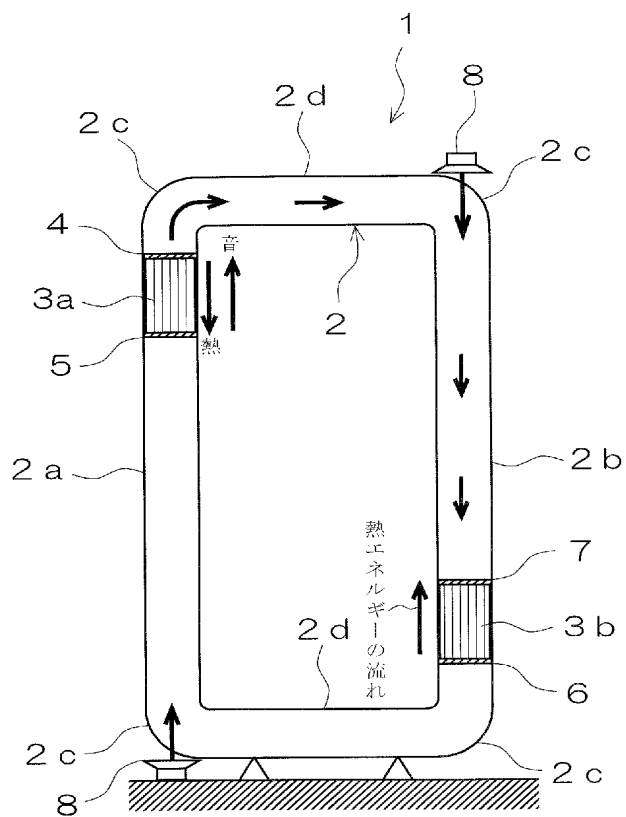
[図3]



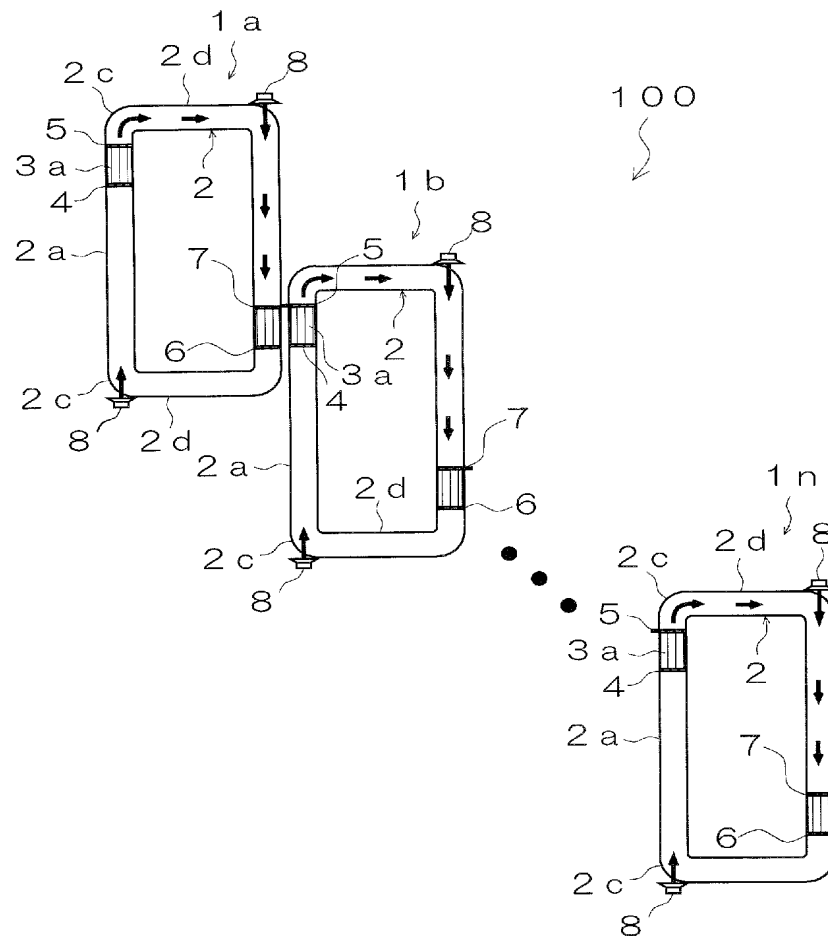
[図4]



[図5]



[[図6]]





## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2005/005219

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER  
Int.Cl.<sup>7</sup> F25B9/00, F25B9/14

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

Int.Cl.<sup>7</sup> F25B9/00, F25B9/14, F02G1/04

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho 1922-1996 Jitsuyo Shinan Toroku Koho 1996-2005

Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2005 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2005

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y A	JP 2002-535597 A (The Regents of the University of California), 22 October, 2002 (22.10.02), Page 43, lines 4 to 19; Fig. 13C & US 6032464 A & WO 2000/043639 A1	1-8, 10, 11 9, 12
Y A	JP 2002-031423 A (Iwatani & Co., Ltd.), 31 January, 2002 (31.01.02), Column 2, lines 12 to 35 (Family: none)	2-4, 7, 8, 10 9, 12
Y A	JP 2000-088378 A (Kabushiki Kaisha Idotai Tsushin Sentan Gijutsu Kenkyusho), 31 March, 2000 (31.03.00), Column 4, lines 28 to 42; column 6, lines 7 to 14 (Family: none)	5, 6, 10, 11 9, 12



Further documents are listed in the continuation of Box C.



See patent family annex.

\* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search  
17 June, 2005 (17.06.05)

Date of mailing of the international search report  
05 July, 2005 (05.07.05)

Name and mailing address of the ISA/  
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

## A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int.Cl.<sup>7</sup> F 25 B 9 / 00 F 25 B 9 / 14

## B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))

Int.Cl.<sup>7</sup> F 25 B 9 / 00 F 25 B 9 / 14 F 02 G 1 / 04

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報 1922-1996年  
 日本国公開実用新案公報 1971-2005年  
 日本国実用新案登録公報 1996-2005年  
 日本国登録実用新案公報 1994-2005年

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

## C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
Y	J P 2002-535597 A (ザ リージェンツ オブ ザ ユニバーシティ オブ カリフォルニア) 2002. 10. 2 2, 第43頁第4-19行, 図13C & US 6032464 A & WO 2000/043639 A1	1-8, 10, 11  9, 12
A		

☒ C欄の続きにも文献が列挙されている。☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

## \* 引用文献のカテゴリー

「A」 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの  
 「E」 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの  
 「L」 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)  
 「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献  
 「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの  
 「X」 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの  
 「Y」 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの  
 「&」 同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

17. 06. 2005

国際調査報告の発送日

05.07.2005

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/J P)

郵便番号100-8915

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)

清水 富夫

電話番号 03-3581-1101 内線 3377

3M

7616

## C (続き) . 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
Y	J P 2002-031423 A (岩谷産業株式会社) 2002. 01. 31, 第2欄第12-35行 (ファミリーなし)	2-4, 7, 8, 10
A		9, 12
Y	J P 2000-088378 A (株式会社移動体通信先端技術 研究所) 2000. 03. 31, 第4欄第28-42行, 第6欄第 7-14行, (ファミリーなし)	5, 6, 10, 11
A		9, 12